



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 49 675 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 16 C 33/12

②① Aktenzeichen: 101 49 675.3
②② Anmeldetag: 9. 10. 2001
②③ Offenlegungstag: 8. 5. 2002

DE 101 49 675 A 1

③⑩ Unionspriorität:
2000-317841 18. 10. 2000 JP

⑦① Anmelder:
Daido Metal Co. Ltd., Nagoya, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert, 80539
München

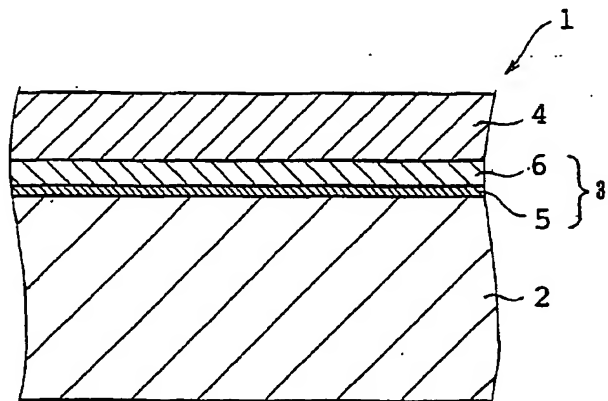
⑦② Erfinder:
Kagohara, Yukihiro, Nagoya, JP; Fujita, Masahito,
Nagoya, JP; Yamamoto, Koichi, Nagoya, JP;
Shibayama, Takayuki, Nagoya, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Mehrstoffgleitlager und Herstellungsverfahren hierfür**

⑤⑦ Beschrieben wird ein Mehrstoffgleitlager (1), umfassend eine Stahlstütze (2), eine Zwischenschicht (3; 7), hergestellt aus einer Aluminiumlegierung, und eine Schicht aus einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis (4), umfassend ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si. Die Schicht aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis (4) ist über die Zwischenschicht (3; 7) an die Stahlstütze (2) gebunden und danach einer Mischkristallbehandlung bei einer Temperatur von nicht niedriger als 400°C unterworfen worden. Der an die Stahlstütze angrenzende Bereich (5; 8) der Zwischenschicht besteht aus, auf das Gewicht bezogen, 2% bis 8% Si und zum Rest als Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.



DE 101 49 675 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Mehrstoffgleitlager bzw. ein mehrschichtiges Gleitlager, umfassend eine Stahlstütze und eine Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis, die auf dem Wege über eine aus einer Aluminiumlegierung her-

gestellten Zwischenschicht an die Stahlstütze gebunden ist, sowie ein Herstellungsverfahren hierfür.
 [0002] Gleitlager aus Aluminiumlegierungen haben ausgezeichnete Eigenschaften hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit und der Verschleißbeständigkeit, und sie werden in weitem Umfang für Hochleistungsmotoren von Kraftfahrzeugen und für allgemeine technische Maschinen verwendet. Im Allgemeinen weisen Gleitlager aus Aluminiumlegierungen eine dreischichtige bzw. Dreistoff-Struktur auf, bei der eine Schicht aus einer Aluminiumlagerlegierung auf dem Wege über eine Zwischenschicht an eine Stahlstützschicht gebunden ist. Die Zwischenschicht ist herkömmlicherweise aus einem vergleichsweise weichen Material, nämlich reinem Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, hergestellt worden. Um dem derzeitigen Trend nach Hochleistungsmotoren zu genügen, sollen Aluminiumlagerlegierungen eine weiter verbesserte Ermüdungs- und Verschleißbeständigkeit haben. Eine Lösung für dieses Erfordernis hat darin bestanden, die Aluminiumlagerlegierungen durch Zugabe von Legierungselementen von Cu, Zn, Mg, Si usw. zu verfestigen. Mit einer solchen Verfestigung der Aluminiumlagerlegierungen wurde auch versucht, der Zwischenschicht durch Zugabe von Verfestigungselementen, wie Mn, eine verbesserte Ermüdungsbeständigkeit zu verleihen.

[0003] Aluminiumlagerlegierungen mit Verfestigungsadditiven von Cu, Zn, Mg, Si usw. werden auch in der Weise verarbeitet, dass eine Schicht aus einer Aluminiumlagerlegierung auf dem Wege über eine Aluminiumlegierungs-Zwischenschicht durch Walzen gebunden wird. Danach wird die Schichtstruktur einer Glühbehandlung bzw. einer Mischkristallbehandlung durch Erhitzen auf eine Temperatur von nicht niedriger als 400°C, gefolgt von einem raschen Abkühlen, unterworfen. Beim Erhitzen auf die Temperatur der Mischkristall-Behandlungstemperatur von nicht niedriger als 400°C wird aber eine intermetallische Al-Fe-Verbindung an der Grenzfläche zwischen der Stahlstützschicht und der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung erzeugt. Da die intermetallische Al-Fe-Verbindung ziemlich brüchig ist, besteht die Gefahr, dass die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung von der Stahlschicht bei Betriebsbedingungen, denen Motorenlager bei variierender Last ausgesetzt sind, delaminiert wird.

[0004] Gemäß der JP-A-61-272358 wird zur Vermeidung des Auftretens von brüchigen intermetallischen Verbindungen an der Grenzfläche zwischen der Stahlstützschicht und der Zwischenschicht ein Erhitzen auf die Temperatur der Mischkristallbildung mit höherer Erhitzungsgeschwindigkeit durchgeführt, wobei die angestrebte Temperatur vollständig über einen kurzen Zeitraum gehalten wird, so dass sie, nachdem einmal diese Temperatur erreicht worden ist, nicht mehr ansteigt. Ein derartiges Verfahren ist aber für die Praxis nicht geeignet, da es eine strikte Temperaturkontrolle erfordert.

[0005] Andererseits ist es notwendig, die Mischkristallbehandlung bei einer Temperatur, die so hoch wie möglich ist, durchzuführen, um die Festigkeit der Aluminiumlagerlegierungen zu verbessern. Aus diesem Grunde wird eine Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung angestrebt.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, das Auftreten von brüchigen intermetallischen Verbindungen an der Grenz- bzw. Zwischenfläche zwischen der Stahlstütze und der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung zu verhindern, wodurch eine hohe Temperatur der Mischkristallbehandlung realisiert wird, um die Aluminiumlagerlegierung hinsichtlich der Festigkeit zu verbessern, so dass ein Mehrstoffgleitlager mit ausgezeichneter Ermüdungsbeständigkeit erhalten werden kann. Durch die Erfindung soll auch ein Herstellungsverfahren hierfür bereitgestellt werden.

[0007] Ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Mehrstoffgleitlager bzw. ein mehrschichtiges Gleitlager, umfassend eine Stahlstützschicht, eine Zwischenschicht, hergestellt aus einer Aluminiumlegierung, und eine Schicht aus einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis, umfassend ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si, wobei die Schicht aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis an die Stahlstützschicht auf dem Wege über die Zwischenschicht gebunden ist und danach einer Mischkristallbehandlung bei einer Temperatur von nicht niedriger als 400°C unterworfen worden ist, das dadurch gekennzeichnet ist, dass der an die Stahlstützschicht angrenzende Bereich der Zwischenschicht aus, auf das Gewicht bezogen, 2% bis 8% Si, zum Rest aus Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

[0008] Wenn bei der Herstellung des Mehrstoffgleitlagers das Schichtmaterial auf eine Temperatur von nicht niedriger als 400°C bei der Mischkristallbehandlung erhitzt wird, dann lösen sich die Elemente Cu, Zn, Mg und/oder Si in der Aluminiummatrix auf, so dass die Lagerlegierung auf Aluminiumbasis durch rasches Abkühlen nach dem vorgenannten Erhitzen gehärtet und verfestigt wird, wodurch die Ermüdungsbeständigkeit des Mehrstoffgleitlagers verbessert wird. Während der Mischkristallbehandlung fällt – obgleich eine intermetallische Al-Fe-Si-Verbindung bevorzugt gegenüber einer intermetallischen Al-Fe-Verbindung an der an die Stahlstütze angrenzenden Seite der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung ausfällt – die intermetallische Al-Fe-Si-Verbindung bei einer Temperatur nur oberhalb 400°C bis oberhalb 550°C nicht aus. Es ist daher möglich, das Auftreten der brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung wirksam zu verhindern, um die Mischkristallbehandlung durchzuführen.

[0009] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Mehrstoffgleitlager bzw. mehrschichtiges Gleitlager, umfassend eine Stahlstützschicht, eine Zwischenschicht, hergestellt aus einer Aluminiumlegierung, und eine Schicht aus einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis, umfassend ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si, wobei die Schicht aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis an die Stahlstützschicht auf dem Wege über die Zwischenschicht gebunden ist und danach einer Mischkristallbehandlung bei einer Temperatur von nicht niedriger als 400°C unterworfen worden ist. Die Zwischenschicht umfasst eine an die Stahlstützschicht angrenzende Unterschicht bzw. Subschicht und mindestens eine andere Unterschicht bzw. Subschicht als die an die Stahlstützschicht angrenzende Unterschicht bzw. Subschicht, wobei die an die Stahlstützschicht angrenzende Unterschicht bzw. Subschicht aus, auf das Gewicht bezogen, 2% bis 8% Si und zum Rest aus Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht und die mindestens eine andere Unterschicht als die an die Stahlstützschicht angrenzende Unterschicht aus, auf das Gewicht bezogen, mindestens einem Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Mn, mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Cu, mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Mg, mehr als 0% bis

nicht mehr als 2% Fe und zum Rest aus Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

[0010] Auch in diesem Falle ist es, wie im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsform beschrieben, beim Erhitzen des Mehrstoffgleitlagers auf eine Temperatur von nicht niedriger als 400°C während der Mischkristallbehandlung möglich, wirksam das Auftreten der brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung zu verhindern, wodurch die Bindungsfestigkeit zwischen der Zwischenschicht und der Stahlstützschicht erhöht wird. Während der Mischkristallbehandlung lösen sich in der mindestens einen anderen Unterschicht als der an die Stahlstützschicht angrenzenden Unterschicht (d. h. mindestens die eine Unterschicht der Zwischenschicht, die an der Seite der Schicht aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis existiert) die Elemente Cu, Zn, Mg und/oder Si in der Aluminiummatrix auf, so dass die Lagerlegierung auf Aluminiumbasis durch rasches Abkühlen nach dem vorgenannten Erhitzen gehärtet und verfestigt wird, wodurch die Ermüdungsbeständigkeit des Mehrstoffgleitlagers verbessert wird.

[0011] Die Zwischenschicht kann zwei Funktionen oder Vorteile haben. Es handelt sich einerseits um einen Effekt der Verhinderung des Auftretens der intermetallischen Al-Fe-Verbindung während der Mischkristallbehandlung und andererseits um einen Verfestigungseffekt bei der Kombination mit einer Vielzahl von Unterschichten während der Verfestigung der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis durch die Mischkristallbehandlung. Auf diese Weise ist es möglich, ein Mehrstoffgleitlager mit ausgezeichneter Ermüdungsbeständigkeit herzustellen.

[0012] Nachstehend werden die Gründe für die kritische Wichtigkeit der additiven Legierungselemente in der Aluminiumlegierung der Zwischenschicht beschrieben.

[0013] (1) Si (2 bis 8 Gew.-%):

Si löst sich in der Aluminiummatrix auf und kristallisiert in Form von äußerst harten Si-Teilchen, wodurch die Härte der Legierung erhöht wird. Beim Erhitzen des mehrschichtigen Materials auf eine Temperatur von nicht niedriger als 400°C bei der Mischkristallbehandlung wird die intermetallische Al-Fe-Verbindung wegen des Vorhandenseins von Si nicht in der Zwischenschicht ausgefällt. Bei Si-Mengen von weniger als 2 Gew.-% können die obigen Effekte nicht erhalten werden. Wenn andererseits die Si-Menge über 8 Gew.-% hinausgeht, dann wird die plastische Verarbeitbarkeit wie die Duktilität erheblich verschlechtert. Vorzugsweise beträgt der Gehalt an Si 6 bis 8 Gew.-%.

[0014] (2) Mn oder Mg (in einer Menge von mehr als 0 bis nicht mehr als 2 Gew.-%):

Mn oder Mg löst sich in der Aluminiummatrix auf oder kristallisiert als intermetallische Verbindung, wodurch die Festigkeit der Legierung erhöht wird. Bei Mengen von mehr als 2 Gew.-% wird allerdings die Legierung zu hart, wodurch die plastische Verarbeitbarkeit der Legierung verschlechtert wird. Vorzugsweise beträgt der Gehalt an Mn oder Mg 0,7 bis 1,5 Gew.-%.

[0015] (3) Cu (mehr als 0% bis nicht mehr als 2 Gew.-%):

Cu löst sich in der Aluminiummatrix auf, wodurch die Festigkeit der Legierung mit Einschluss der Ermüdungsfestigkeit erhöht wird. Wenn der Gehalt an Cu über 2 Gew.-% hinausgeht, dann wird die Legierung zu hart, wodurch die plastische Verarbeitbarkeit der Legierung verschlechtert wird. Vorzugsweise beträgt der Gehalt an Cu 0,7 bis 1,7 Gew.-%.

[0016] (4) Fe (mehr als 0% bis nicht mehr als 2 Gew.-%):

Fe löst sich in der Aluminiummatrix auf oder kristallisiert, um sich als intermetallische Verbindung zu dispergieren, wodurch die Festigkeit der Legierung in erheblichem Maße erhöht wird. Bei Fe-Gehalten von mehr als 2 Gew.-% verschlechtert die erhöhte Kristallisation von intermetallischen Eisenverbindungen in erheblichem Ausmaß die plastische Verarbeitbarkeit der Legierung. Vorzugsweise beträgt der Gehalt an Fe 0,07 bis 1 Gew.-%.

[0017] Die Lagerlegierung auf Aluminiumbasis umfasst vorzugsweise ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus den folgenden Gruppen von Elementen (1) bis (5).

[0018] (1) 3 bis 20 Gew.-% Sn:

Sn verbessert die Oberflächeneigenschaften des Lagers einschließlich der Beständigkeit gegenüber fressendem Verschleiß, der Anpassungsfähigkeit und der Einbettungsfähigkeit. Bei Sn-Mengen von weniger als 3 Gew.-% kann ein derartiger Verbesserungseffekt nicht erhalten werden. Wenn andererseits der Sn-Gehalt über 20 Gew.-% hinausgeht, dann werden die mechanischen Eigenschaften der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis verschlechtert, wodurch die Legierung bei scharfen Bedingungen, beispielsweise in Hochleistungsmotoren, unbeständig wird. Vorzugsweise beträgt der Sn-Gehalt 6 bis 15-Gew.-%.

[0019] (2) Mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,1 bis 7 Gew.-%:

Diese fakultativen Elemente verbessern die Festigkeit der Aluminiummatrix, und sie können zwangsweise aufgelöst werden, indem die Lagerlegierung auf Aluminiumbasis der Mischkristallbehandlung unterworfen wird. Es ist auch möglich, die feinen intermetallischen Verbindungen aus der Matrix durch rasches Abkühlen bei der Mischkristallbehandlung auszufällen. Si löst sich in der Aluminiummatrix auf. Kristallisiertes elementares Silicium ist mikroskopisch in der Legierung dispergiert, wodurch die Ermüdungsbeständigkeit der Legierung verbessert wird und zu Verbesserungen der Beständigkeit gegenüber fressendem Verschleiß und der Verschleißbeständigkeit beigetragen wird. Wenn die Mengen des einen oder der mehreren Elemente weniger als 0,1 Gew.-% betragen, dann können derartige Effekte oder Vorteile nicht erhalten werden. Wenn die Mengen des einen oder der mehreren Elemente über 7 Gew.-% hinausgehen, dann werden die ausgefallenen intermetallischen Verbindungen grob. Die Mengen des einen oder der mehreren Elemente betragen vorzugsweise insgesamt 0,5 bis 6 Gew.-%.

[0020] (3) Mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,01 bis 3 Gew.-%:

Diese fakultativen Elemente lösen sich in der Aluminiummatrix auf oder sie kristallisieren elementar oder als intermetallische Verbindungen, wodurch die Festigkeit der Legierung verbessert wird. Wenn die Mengen des einen oder der mehreren Elemente weniger als 0,01 Gew.-% betragen, dann kann ein derartiger Effekt nicht erwartet werden. Wenn die Mengen des einen oder der mehreren Elemente über 3 Gew.-% hinausgehen, dann werden die intermetallischen Verbindungen zu grob, wodurch die physikalischen Eigenschaften der Lagerlegierung und die plastische Verarbeitbarkeit, beispielsweise beim Walzen, verschlechtert werden. Die Mengen des einen oder der mehreren Elemente sind insgesamt vorzugsweise 0,2 bis 2 Gew.-%.

[0021] (4) Mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus B (Bor), Ti und Zr, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,01 bis 2 Gew.-%:

Diese fakultativen Elemente lösen sich in der Aluminiummatrix auf, wodurch die Ermüdungsfestigkeit der Lagerlegierung verbessert wird. Wenn die Mengen des einen oder der mehreren Elemente weniger als 0,01 Gew.-% betragen, dann kann ein derartiger Effekt nicht erwartet werden. Wenn die Mengen des einen oder der mehreren Elemente über 2 Gew.-% hinausgehen, dann werden die intermetallischen Verbindungen brüchig. Die Mengen des einen oder der mehreren Elemente sind insgesamt vorzugsweise 0,02 bis 5 Gew.-%

[0022] (5) Mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Pb, Bi und In, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von nicht mehr als 3 Gew.-%:

Diese Additivelemente verbessern die spanende Bearbeitbarkeit und die Beständigkeit gegenüber fressendem Verschleiß der Lagerlegierung. Wenn die Mengen des einen oder der mehreren Elemente über 3 Gew.-% hinausgehen, dann wird es schwierig, die Elemente in der Aluminiummatrix gleichförmig zu verteilen, und die Festigkeit der Lagerlegierung wird verschlechtert.

[0023] Das erfindungsgemäße Mehrstoffgleitlager wird durch ein Verfahren hergestellt, das die folgenden Stufen umfasst:

Bindung der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung an die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis;
Bindung der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis an die Stahlstützschicht auf dem Wege über die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung; und

Unterwerfen des so erhaltenen Mehrstoffmaterials einer Mischkristallbehandlung eines Erhitzens auf eine Temperatur von nicht niedriger als 400°C, gefolgt von einer raschen Abkühlung zur Verfestigung der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis.

[0024] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

[0025] Fig. 1 einen Querschnitt einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstoffgleitlagers; und

[0026] Fig. 2 eine ähnliche Zeichnung wie Fig. 1, die eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrstoffgleitlagers darstellt.

[0027] Nachstehend wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 eine Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Eine Querschnittsansicht des erfindungsgemäßen Mehrstoffgleitlagers 1 ist in Fig. 1 gezeigt. Das Mehrstoffgleitlager 1 ist so gebaut, dass eine Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4 über eine Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung 3 an eine Stahlstützschicht 2 bzw. eine Stahlstütze 2 gebunden ist. Die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung 3 besteht aus zwei Schichten, nämlich eine untere Schicht 5, die an der Seite der Stahlstützschicht 2 vorliegt, und eine obere Schicht 6 an der Seite der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4.

[0028] Die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4 hat, auf das Gewicht bezogen, folgende Zusammensetzung:

(1) 3% bis 20% Sn und/oder

(2) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,1% bis 7% und/oder

(3) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,01% bis 3% und/oder

(4) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus B (Bor), Ti und Zr, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,01% bis 2% und/oder

(5) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Pb, Bi und In, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von nicht mehr als 3%.

[0029] In den zwei Unterschichten 5 und 6 der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung 3 besteht die untere Schicht 5 aus 2 bis 8 Gew.-% Si und zum Rest aus Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen, während die obere Schicht 6, auf das Gewicht bezogen, aus mindestens einem Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Mn, mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Cu, mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Mg, mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Fe und zum Rest aus Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

[0030] Im Folgenden wird nun ein Herstellungsverfahren für das in Fig. 1 gezeigte Mehrstoffgleitlager 1 beschrieben.

[0031] Durch übliches Gießen und Walzen wird eine Platte aus einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis hergestellt, aus der die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4 hergestellt wird.

[0032] Eine Platte aus einer Aluminiumlegierung, aus der die untere Schicht 5 der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung 3 hergestellt wird, wird durch übliches Gießen und Walzen erzeugt. Eine weitere Platte aus einer Aluminiumlegierung, aus der die obere Schicht 6 aus der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung 3 hergestellt wird, wird gleichfalls durch übliches Gießen und Walzen erzeugt. Die zwei Platten aus den Aluminiumlegierungen werden durch Verwalzen miteinander verbunden, wodurch die laminierte Platte aus den Aluminiumlegierungen für die Zwischenschicht erzeugt wird.

[0033] Die Platte aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis und die laminierte Platte aus den Aluminiumlegierungen werden durch Verwalzen miteinander verbunden, wodurch eine mehrschichtige Platte aus Aluminiumlegierungen erzeugt wird.

[0034] Die mehrschichtige Platte aus Aluminiumlegierungen wird auf einen kohlenstoffarmen Stahlstreifen, der als Stahlstütze fungiert, aufgelegt, und die Schichten werden miteinander durch Walzen verbunden, wodurch ein Bimetallmaterial hergestellt wird, bei dem die Platte aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis an den Streifen aus kohlenstoffarmem Stahl über die laminierte Platte aus der Aluminiumlegierung als Zwischenschicht gebunden ist.

[0035] Nachstehend werden die Platte aus der Lagerlegierungsplatte auf Aluminiumbasis, die laminierte Platte aus Aluminiumlegierungen für die Zwischenschicht und der Streifen aus kohlenstoffarmem Stahl als Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4, als Zwischenschicht aus den Aluminiumlegierungen 3 und als Stahlstützschicht bzw. Stahlstütze 2 bezeichnet.

[0036] Nachdem das Bimetall auf die oben beschriebene Weise hergestellt worden ist, wird es bei einer Temperatur von etwa 350°C 3 Stunden lang geglüht und nachfolgend einer Mischkristallbehandlung bei einer Temperatur von 460°C bis 520°C über einen Zeitraum von 10 bis 30 Minuten unterworfen, wodurch in der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4 die Elemente Cu, Zn, Mg und/oder Si in der Aluminiummatrix aufgelöst werden. Im Temperaturbereich der Mischkristallbehandlung wird aufgrund des oben erwähnten Si-Effekts verhindert, dass in der unteren Schicht 5 der Zwischen- 5

[0037] Das Bimetallmaterial wird nach dem Erhitzen bei der Mischkristallbehandlung rasch abgekühlt, wodurch die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4 verfestigt wird. Danach wird das Bimetallmaterial zu halbkreisförmiger Gestalt oder zu zylindrischer Gestalt verformt, so dass ein Mehrstoffgleitlager hergestellt wird. Das Bimetallmaterial kann gegebenenfalls nach der Mischkristallbehandlung durch Erhitzen und rasches Abkühlen einer künstlichen Alterungsbehandlung, beispielsweise bei einer Temperatur von 150°C bis 200°C, 20 Stunden lang unterworfen werden. 10

[0038] Gemäß der obigen Ausführungsform ist es möglich, das Auftreten einer brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung in der unteren Schicht 5 an der Grenzfläche zwischen der Stahlstütze 2 und der Zwischenschicht aus den Aluminiumlegierungen 3 während der Mischkristallbehandlung zu verhindern. Es besteht daher kein Risiko, dass die Zwischenschicht aus den Aluminiumlegierungen 3 sich von der Stahlstütze 2 delaminiert. Deswegen kann das erfindungsgemäße Mehrstoffgleitlager dauerhaft in Hochleistungsmotoren eingesetzt werden. 15

[0039] Die Fig. 2 zeigt eine Alternative der ersten Ausführungsform der Fig. 1, die sich von der ersten Ausführungsform dahingehend unterscheidet, dass die Zwischenschicht aus Aluminiumlegierungen 7 eine dreischichtige Struktur hat, welche aus einer unteren Schicht 8, die an die Stahlstütze 2 angrenzt, einer Mittelschicht 9, die an die untere Schicht 8 gebunden ist und die an der anderen Seite der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis 4 als die untere Schicht 8 20 gebunden ist, und einer oberen Schicht 10, die an die Mittelschicht 9 gebunden ist, besteht.

[0040] Die oberen und die unteren Schichten 8 und 10 bestehen aus einer Aluminiumlegierung mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie diejenige der unteren Schicht 5 der ersten Ausführungsform, und die Mittelschicht 9 besteht aus einer weiteren Aluminiumlegierung mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie diejenige der oberen Schicht 6 der ersten Ausführungsform. 25

[0041] Nachfolgend werden Versuchsergebnisse beschrieben.

[0042] Die Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse von Versuchen, die durchgeführt wurden, um festzustellen, ob bei erfindungsgemäßen Probekörpern 1 bis 7 und Vergleichsprobekörpern 11 bis 13 eine brüchige intermetallische Al-Fe-Verbindung an der Grenzfläche zwischen der Zwischenschicht und der Stahlstütze gebildet wird, wenn entsprechende Mehrstoffgleitlager-Probekörper auf verschiedene Temperaturen der Mischkristallbehandlung erhitzt werden. Die Probekörper 1 und 11 bis 13 enthalten eine Zwischenschicht mit einschichtiger Struktur. Die chemischen Zusammensetzungen beider Schichten aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis sind in Tabelle 2 gezeigt. Die Probekörper 3, 4, 6 und 7 enthalten eine Zwischenschicht mit Doppelschichtstruktur. Die chemischen Zusammensetzungen beider Schichten aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis sind in Tabelle 2 gezeigt. Die Probekörper 2 und 5 enthalten eine Zwischenschicht mit Dreischichtstruktur. Die chemische Zusammensetzung beider Schichten aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis ist in Tabelle 2 gezeigt. 35

DE 101 49 675 A 1

Tabelle 1

	Pro- be- körper Nr.	Lagerstruktur				Misch- kristall- behandlung °C	Intermetal- lische Ver- bindung x liegt vor o keine
		Zwischenschicht			Lager- legierungs- schicht		
		Untere Schicht	Mittlere Schicht	Obere Schicht			
Erfindungsgemäße Probekörper	1	A	-	-	H	500	o
	2	A	C	A	G	480	o
	3	A	-	D	H	470	o
	4	A	-	E	I	460	o
	5	B	C	B	J	460	o
	6	B	-	E	K	460	o
	7	B	-	F	L	520	o
Vergleichs- Probekörper	11	C	-	-	G	420	x
	12	D	-	-	H	400	x
	13	E	-	-	I	400	x

DE 101 49 675 A 1

Tabelle 2

(Chemische Zusammensetzung (Gew.-%))

Zwischen- schicht	Si	Mn	Cu	Mg	Fe						
A	7,5	-	-	-	-						
B	4,5	-	-	-	-						
C	-	1,3	-	-	-						
D	-	-	1,5	-	-						
E	-	-	-	1,5	-						
F	-	-	-	-	1						
Lager- legierungs- schicht	Sn	Si	Cu	Mg	Zn	Fe	Mn	V	Mo	Cr	Ti
G	20	2,5	1	-	-	0,4	-	-	-	-	-
H	13	3	1,4	-	-	-	0,3	0,2	-	-	-
I	10	3	1,5	-	-	0,3	-	-	0,3	-	0,15
J	10	1,5	1,4	0,1	-	1	-	-	-	0,3	0,1
K	3	4	2	-	-	-	0,3	0,1	-	0,2	0,2
L	3	2	0,8	0,5	3	0,1	-	-	-	-	-

[0043] Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass bei den erfindungsgemäßen Probekörpern selbst beim Erhitzen auf eine hohe Temperatur von 520°C keinerlei Al-Fe-Verbindung beobachtet wurde. Das Material besitzt daher einen hohen Verhinderungseffekt des Auftretens der Al-Fe-Verbindung. Wenn daher beispielsweise die Temperatur der Mischkristallbehandlung auf 480°C festgelegt wird, dann besteht selbst dann, wenn die tatsächliche Behandlungstemperatur über 480°C hinausgeht, kein Risiko, dass eine Al-Fe-Verbindung erzeugt wird. Aus diesem Grunde ist es daher nicht erforderlich, die Temperatur genau zu kontrollieren, wenn erfindungsgemäß die Mischkristallbehandlung durchgeführt wird.

[0044] Die folgende Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse eines Zugversuchs der Schicht aus der Lagerlegierung und eines Ermüdungsversuchs von Gleitlagern gemäß der Erfindung und gemäß den Vergleichsprobekörpern, die in Tabelle 1 gezeigt sind.

[0045] Die Tabelle 4 zeigt die Bedingungen des Ermüdungstests.

Tabelle 3

	Probekörper Nr.	Zug- festigkeit Mpa	Spezifische Last ohne Ermüdung Mpa
Erfindungs- gemäße Probekörper	1	180	130
	2	180	130
	3	180	130
	4	185	130
	5	180	130
	6	190	135
	7	185	135
Vergleichs- probe- körper	11	160	110
	12	155	110
	13	155	100

Tabelle 4

Bedingungen des Ermüdungstests	
Testmaschine	Ermüdungstestmaschine
Umdrehung	3250 UpM
Umfangsgeschwindigkeit	9,0 m/s
Testzeit	20 h
Öleinlasstemperatur	100°C
Ölzuführungsdruck	0,49 Mpa
Schmiermittel	VG68
Wellenmaterial	JIS S55C
Bewertung	Maximale spezifische Last ohne Ermüdung

[0046] Aus Tabelle 3 wird ersichtlich, dass die erfindungsgemäßen Probekörper hohe spezifische Lasten haben, ohne dass eine Ermüdung auftritt und dass sie eine ausgezeichnete Ermüdungbeständigkeit haben; dies deswegen, weil die erfindungsgemäßen Probekörper einer Mischkristallbehandlung bei hoher Temperatur unterworfen worden waren, so dass die Schichten aus der Lagerlegierung verfestigt worden sind.

[0047] Aus dem Obigen wird ersichtlich, dass erfindungsgemäß ein Mehrstoffgleitlager bereitgestellt wird, bei dem eine gute Bindungsfestigkeit zwischen der Schicht aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis und der Stahlstütze gewährleistet ist. Es wird weiterhin ersichtlich, dass die Lagerlegierung auf Aluminiumbasis verfestigt worden ist, so dass das Lager eine ausgezeichnete Ermüdungsbeständigkeit hat.

Patentansprüche

1. Mehrstoffgleitlager (1), umfassend eine Stahlstützschicht (2), eine Zwischenschicht (3), hergestellt aus einer Aluminiumlegierung, und eine Schicht aus einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis (4), umfassend ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si, wobei die Schicht aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis (4) an die Stahlstützschicht (2) auf dem Wege über die Zwischenschicht (3) gebunden ist

DE 101 49 675 A 1

und danach einer Mischkristallbehandlung bei einer Temperatur von nicht niedriger als 400°C unterworfen worden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der an die Stahlstützschicht (2) angrenzende Bereich (5) der Zwischenschicht (3) aus, auf das Gewicht bezogen, 2% bis 8% Si und zum Rest aus Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

2. Mehrstoffgleitlager (1), umfassend eine Stahlstützschicht (2), eine Zwischenschicht (7), hergestellt aus einer Aluminiumlegierung, und eine Schicht aus einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis (4), umfassend ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si, wobei die Schicht aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis (4) an die Stahlstützschicht (2) auf dem Wege über die Zwischenschicht (7) gebunden ist und danach einer Mischkristallbehandlung bei einer Temperatur von nicht niedriger als 400°C unterworfen worden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht (7) eine an die Stahlstützschicht (2) angrenzende Unterschicht (8) und mindestens eine andere Unterschicht (10) als die an die Stahlstützschicht angrenzende Unterschicht umfasst, wobei die an die Stahlstützschicht (2) angrenzende Unterschicht (8) aus, auf das Gewicht bezogen, 2% bis 8% Si und zum Rest Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht, und dass weiterhin die mindestens eine Unterschicht (10), die anders ist als die an die Stahlstützschicht (2) angrenzende Unterschicht (8) aus, auf das Gewicht bezogen, mindestens einem Element ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus mehr als 0% bis nicht mehr als 2% Fe und zum Rest aus Al und erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

3. Mehrstoffgleitlager (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerlegierung auf Aluminiumbasis auf das Gewicht bezogen

(1) 3% bis 20% Sn, und/oder

(2) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn, Mg und Si, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,1% bis 7%, und/oder

(3) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,01% bis 3%, und/oder

(4) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus B (Bor), Ti und Zr, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von 0,01% bis 2%, und/oder

(5) mindestens ein Element, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Pb, Bi und In, in einer Menge oder einer Gesamtmenge von nicht mehr als 3%, umfasst.

4. Verfahren zur Herstellung des Mehrstoffgleitlagers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend die folgenden Stufen:

Bindung der Zwischenschicht (3; 7) aus der Aluminiumlegierung an die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis (4);

Bindung der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis (4) an die Stahlstützschicht (2) auf dem Wege über die Zwischenschicht (3; 7) aus der Aluminiumlegierung; und

Unterwerfen des so erhaltenen Mehrstoffmaterials einer Mischkristallbehandlung eines Erhitzens auf eine Temperatur von nicht niedriger als 400°C, gefolgt von einer raschen Abkühlung zur Verfestigung der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

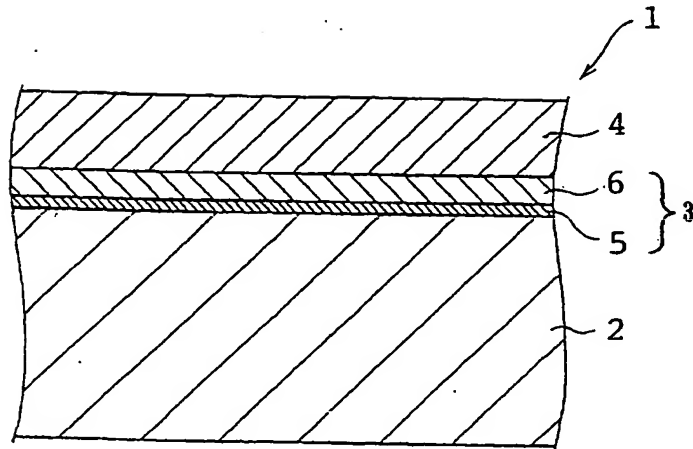


FIG. 1

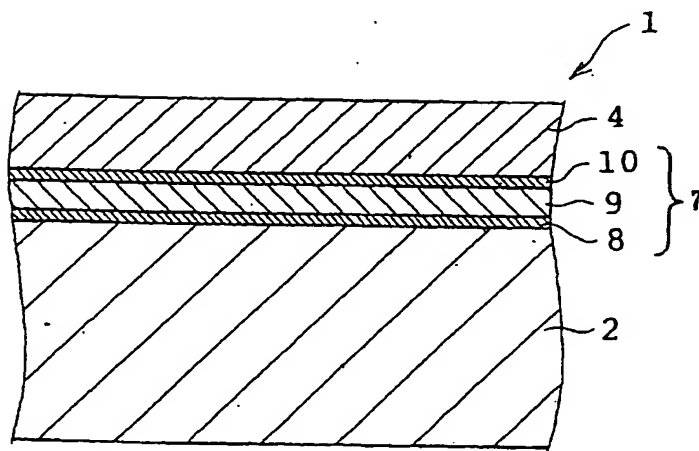


FIG. 2